Décembre 2007 Série technique 07-116

Essais de performance de récupérateurs de chaleur des eaux domestiques au CCTR

INTRODUCTION

La récupération de la chaleur des eaux domestiques est une technologie relativement simple qui permet aux ménages de réduire leur consommation en eau chaude et de prolonger le temps de disponibilité de l'eau chaude durant les périodes de grande demande ou d'utilisation continue. Les récupérateurs de chaleur des eaux domestiques tirent parti du principe de la tension superficielle, selon lequel l'eau tend à s'écouler le long des parois des tuyaux de vidange verticaux. Cela se traduit par un rapport « surface de contact/volume » très élevé qui permet d'extraire la chaleur des eaux domestiques en enroulant la canalisation d'arrivée d'eau froide autour du tuyau de vidange vertical. Il existe à l'heure actuelle un certain nombre de récupérateur de chaleur des eaux domestiques brevetés. Un programme de recherche visant à évaluer dans quelle mesure ces appareils peuvent récupéré l'énergie a été mené par le Centre canadien des technologies résidentielles (CCTR)[1].

Six échangeurs thermiques de fabrication de série ont été mis à l'essai dans le cadre de deux études menées respectivement en 2005 et en 2006. Ces appareils étaient constitués d'un tuyau de vidange en cuivre de 3 po (76,2 mm) de diamètre nominal et de longueur variable entouré d'une conduite de cuivre souple de 1/2 po (12,7 mm) ou de 3/8 po (9,5 mm) de diamètre nominal. De l'eau froide circule dans la petite conduite souple pour capter la chaleur des eaux domestiques, comme le montre la figure 1. La disposition de la conduite autour du tuyau de vidange, de même que la forme des différentes conduites, varie d'un modèle à l'autre.

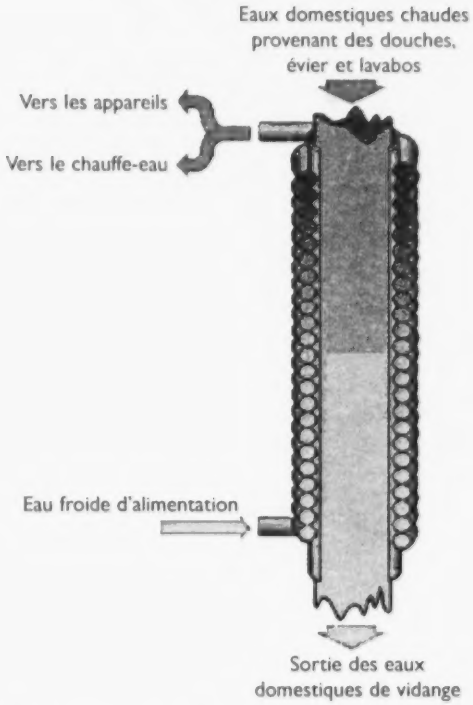

Figure 1 Vue en coupe schématique d'un récupérateur de chaleur des eaux domestiques type

---

[1] Le Centre canadien des technologies résidentielles (CCTR) est un établissement de recherche voué à l'évaluation d'innovations techniques dans le domaine de l'habitation. Le CCTR est exploité en partenariat par le Conseil national de recherches du Canada (CNRC), Ressources naturelles Canada (RNC) et la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL). Les installations de recherche et de démonstration du CCTR comprennent deux maisons identiques de deux étages, avec sous-sol complet, équipées d'une batterie d'instruments et de capteurs. Ces maisons, de 210 m^2 (2 260 pi^2), sont construites selon la norme R-2000 et on y évalue en parallèle la performance des nouvelles technologies à l'échelle de la maison entière en simulant l'occupation. Le CCTR dispose également d'un Infocentre où Bâti-Flex^{MC} est en démonstration. Pour de plus amples renseignements sur le CCTR, visitez le http://www.ccht-cctr.gc.ca

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

Dans la plupart des habitations, il se produit des « événements » de vidange des eaux domestiques où interviennent de l'eau froide seulement (toilette), de l'eau froide et de l'eau chaude (lavabos, lessive et douche) ou de l'eau chaude seulement (lave-vaisselle).

Dans certains cas, l'eau chaude circule simultanément dans les tuyaux d'approvisionnement et de vidange (évier et douche), alors que dans d'autres il y a un délai entre l'apport d'eau chaude et la vidange d'eau tempérée (lessive, lave-vaisselle et bains). Il importante de faire la distinction entre ces types d'événements, car le type de récupérateur de chaleur générique dont il est question ici possède une très faible capacité de stockage et est plus efficace lors d'événements où l'eau coule longtemps et en même temps qu'elle se vidange, comme c'est le cas des douches.

PROGRAMME DE RECHERCHE

C'est en 2005 que les chercheurs du CCTR ont commencé à étudier l'efficacité des récupérateurs de chaleur des eaux domestiques. Ainsi, ils ont mesuré les économies quotidiennes de gaz naturel générées par trois modèles de récupérateurs selon deux agencements de plomberie et quatre horaires quotidiens d'utilisation de l'eau chaude et de l'eau froide.

L'efficacité de cinq récupérateurs de chaleur a également été mesurée. L'un des objectifs de l'étude était de déterminer si les débits non simultanés avaient une incidence sur les économies d'énergie et offertes par les récupérateurs mis à l'essai, par conséquent, si on devait en tenir compte dans les prochaines modélisations.

L'étude de 2005 a montré que la chaleur récupérée pendant les événements aux débits non simultanés était négligeable. En 2006, dans la foulée de cette étude initiale, six récupérateurs ont été évalués, y compris les cinq modèles mis à l'essai en 2005.

L'étude de 2006 a permis d'élaborer un modèle d'efficacité plus précis. Les données brutes d'essais de circulation d'eau avec douche seulement ont été jumelées à des modèles mathématiques afin de créer un calculateur d'économie d'énergie, de calculer des courbes du débit en fonction de la chute de pression dans la tuyauterie d'alimentation en eau pour chaque récupérateur de chaleur et d'élaborer une procédure pour les prochains essais d'efficacité des récupérateurs de chaleur des eaux domestiques.

Tous les essais et modélisations ont été menés au Centre canadien des technologies résidentielles (CCTR).[1] Les essais de 2005 ont été effectués dans la maison d'essai du CCTR. Les essais de 2006 ont été effectués dans la maison Bâti-Flex[MC] de l'Infocentre du CCTR. Ces essais n'incluaient pas les essais habituels du CCTR sur les deux maisons jumelles.

MÉTHODE

Deux agencements d'installation différents ont été employés dans les deux études. Pour certains essais, ces agencements ont été comparés à un agencement de référence. Tous les récupérateurs de chaleur avaient un tuyau de vidange interne de 3 po de diamètre.

- Référence : aucun récupérateur de chaleur, tuyau isolé.
- Agencement A : l'eau d'alimentation du réservoir à eau chaude est préchauffée par le récupérateur de chaleur des eaux domestiques.
- Agencement B : l'eau froide d'alimentation du réservoir à eau chaude et l'eau froide de la douche sont préchauffées par le récupérateur de chaleur des eaux domestiques.

Les caractéristiques générales des récupérateurs de chaleur évalués et les modèles mis à l'essai dans le cadre de chaque étude figurent aux tableaux 1 et 2.

Tableau 1 Récupérateurs de chaleur des eaux domestiques mis à l'essai

Modèle de récupérateur	Longueur		Essais 2005		Essais 2006	
	Longueur totale (po)	Section avec échangeur (po)	Débits d'eau quotidiens	Efficacité	Agencement A	Agencement B
PowerPipe R3-60	60	55,5	√	√	√	√
PowerPipe R3-36	36	31		√	√	√
GFX, G3-60	60	60,25	√	√	√	√
GFX, G3-40	40	36		√	√	√
ReTherm S3-60	60	2 à 28	√	√	√	√
ReTherm C3-40	40	36			√	√

Tableau 2 Caractéristiques des récupérateurs de chaleur

Modèle	Longueur		Tuyaux			
Tous : diamètre du tuyau de vidange de 3 po	**Longueur totale (po)**	**Section avec échangeur (po)**	**Diamètre du tuyau de l'échangeur (po)**	**Passages de tuyaux**	**Enroulement**	**Section**
PowerPipe R3-60	60	55,5	0,375	Quadruple	Sections simples	Le plus carré
PowerPipe R3-36	36	31	0,375	Quadruple	Sections simples	Le plus carré
GFX, G3-60	60	60,25	0,5	Simple	Sections simples	2e plus carré — presque carré
GFX, G3-40	40	36	0,5	Simple	Sections simples	2e plus carré — presque carré
ReTherm S3-60	60	2 à 28	0,5	Simple	Deux sections égales	3e plus carré — presque carré
ReTherm C3-40	40	36	0,5	Simple	Sections simples	3e plus carré — presque carré

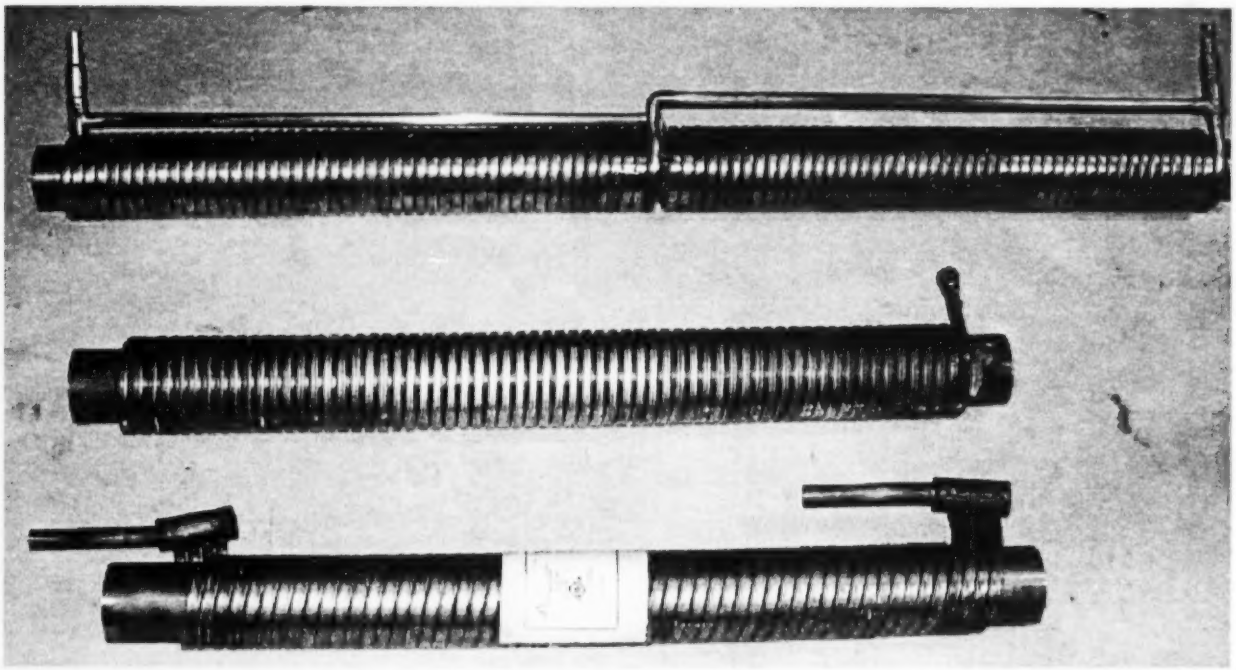

Figure 2 Trois récupérateurs de chaleur mis à l'essai dans la phase I de l'étude. De haut en bas : ReTherm S3-60, GFX G3-40 et PowerPipe R3-36.

INSTALLATION

Phase 1 de l'étude (2005)

Pour mesurer la consommation quotidienne d'eau, cinq vannes ont été installées sur chaque récupérateur de chaleur afin d'autoriser les trois modes de fonctionnement (référence, agencement A et agencement B). Une vanne de mélange maintenait la température de l'eau de la douche à 46 °C (114 °F) environ. Un réservoir de 100 L (22 gal) simulait le stockage d'eau dans les bains, les lave-linge et le lave-vaisselle, et un clapet motorisé a été employé pour vidanger la toilette automatiquement.

Un compteur de gaz naturel à impulsion branché directement au réservoir à eau chaude mesurait la consommation de gaz. Trois compteurs d'eau à impulsion mesuraient le débit d'eau froide, tiède et chaude. Huit thermocouples mesuraient la performance du système et l'efficacité du récupérateur de chaleur des eaux domestiques. Les données étaient enregistrées à intervalles de 10 minutes pour les volumes d'eau quotidiens et à intervalles d'une minute pour les essais d'efficacité du système dans le cas de la douche.

Phase 2 de l'étude (2006)

Les récupérateurs de chaleur des eaux domestiques ont été installés de la même manière que dans l'étude initiale. En plus, des transducteurs de pression ont été installés à l'entrée et à la sortie pour mesurer la perte de pression dans la tuyauterie du récupérateur de chaleur à différents débits. Des thermocouples ont été installés aux raccords du haut et du bas, et aux raccords d'entrée et de sortie des conduites du récupérateur. Pour compenser les variations de température de l'eau froide d'alimentation, l'eau de deux réservoirs était refroidie à l'aide d'un refroidisseur de 2 kW (2,68 HP) en boucle fermée activé par une pompe de circulation. Une vanne de mélange de l'eau froide a été posée entre l'alimentation d'eau froide et l'alimentation municipale pour mieux maîtriser la température de l'eau. Avec cette installation, l'eau froide a été maintenue à une température de 8 °C (46 °F).

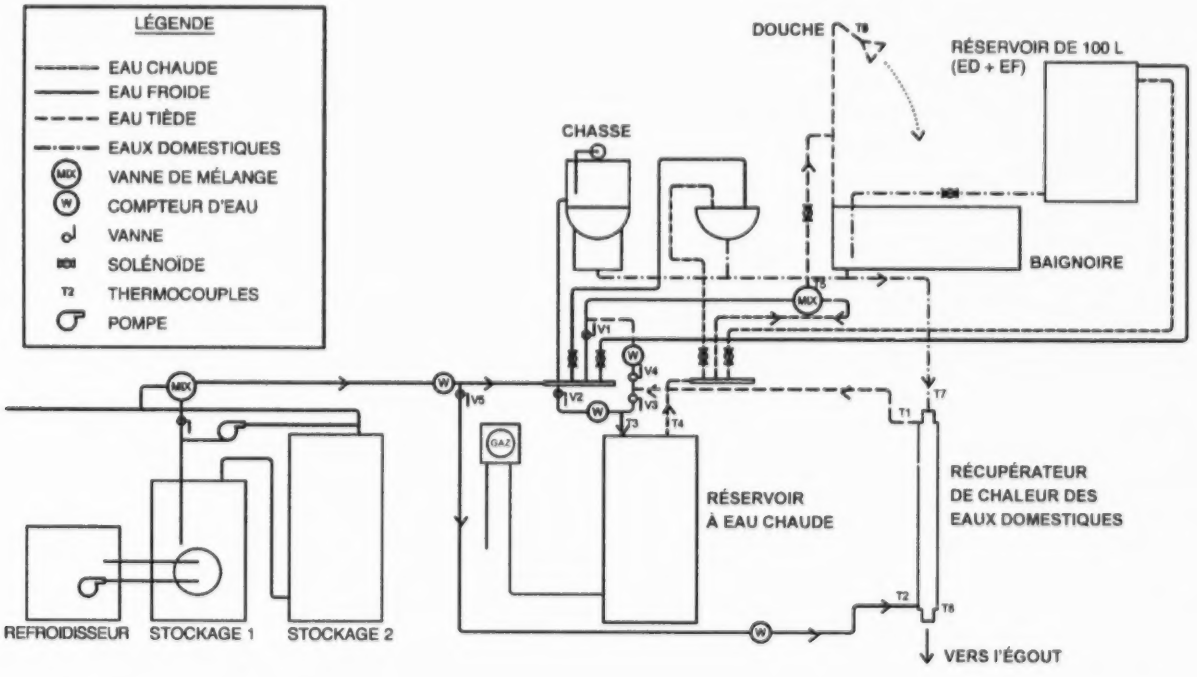

Figure 3 Schéma de l'agencement d'essai du récupérateur de chaleur des eaux domestiques

ESSAIS

Phase 1 de l'étude (2005)

Deux types d'essais ont été menés au cours de cette étude initiale. Le premier visait à quantifier les économies d'énergie possibles dans une maison représentative ayant deux, trois ou quatre occupants. Chaque échangeur thermique a été mis à l'essai en huit différents agencements et horaires d'utilisation. Les volumes d'eau utilisés dans le cadre de cette étude étaient semblables à ceux utilisés par le CCTR pour évaluer les chauffe-eau.

Pour estimer l'importance des économies non liées à la douche, on a comparé la référence et les données expérimentales à partir de 8 h 30 (c'est-à-dire après la récupération du réservoir à eau chaude après la dernière douche). Le deuxième essai visait à déterminer l'efficacité des récupérateurs de chaleur des eaux domestiques. Les essais d'efficacité *in situ*[2] ont consisté à faire couler la douche jusqu'à ce que la température de l'eau passe de 46 °C (114 °F) à la température inférieure à celle du corps (37,0 °C [98,6 °F]) pour chaque récupérateur de chaleur et pour chaque agencement.

Phase 2 de l'étude (2006)

Les essais ont porté sur le débit de la douche et la température à l'entrée et à la sortie de six récupérateurs de chaleur des eaux domestiques pour l'agencement A (préchauffage de l'eau d'alimentation du réservoir à eau chaude) et l'agencement B (préchauffage de l'eau d'alimentation du réservoir à eau chaude et de la douche).

Les économies d'énergie et le rendement ont été mesurés pour des débits de douche de 6,5, 8,5 et 10 L (1,4, 1,8 et 2,2 gal) par minute à des températures de 37, 41 et 45 °C (98,6, 105 et 113 °F). L'alimentation d'eau froide a été maintenue à 8 °C (46 °F). La chute de pression d'eau a été mesurée dans chaque appareil et pour les trois débits susmentionnés.

Après les essais initiaux de tous les paramètres sur deux systèmes (18 essais par appareil) et l'analyse des courbes du nombre d'unités thermiques (NUT)[3], il a été déterminé qu'entre 8 et 10 essais par système étaient suffisants. Le débit s'est avéré le seul paramètre significatif pour l'évaluation du NUT de chaque récupérateur de chaleur.

RÉSULTATS

Phase 1 (2005)

Entre septembre 2005 et février 2006, des données de référence ont été recueillies pendant 33 jours et des données expérimentales ont été recueillies pendant 72 jours. Les résultats représentent les économies de gaz naturel en fonction d'une série de températures de l'eau froide (minima journaliers de 19,4 à 9,5 °C [66,92 à 49,10 °F]) et de débits d'eau. Par conséquent, les économies annuelles ne peuvent être projetées par simple multiplication. En théorie, certaines économies pourraient être réalisées avec des débits non simultanés grâce au stockage de la chaleur dans l'eau des conduites du récupérateur de chaleur et dans la masse de cuivre. Les essais ont démontré toutefois que les économies réalisées par la récupération de la chaleur d'origine autre que la douche durant le jour sont annulées par un seul cycle du brûleur du réservoir à eau chaude, lorsque celui-ci doit démarrer à la suite des déperditions de chaleur, alors qu'aucun volume d'eau chaude n'est réellement utilisé.

Les essais d'efficacité *in situ* ont mesuré combien de temps la douche devait couler pour que la température de l'eau atteigne 37 °C (98,6 °F). Tous les récupérateurs de chaleur des eaux domestiques ont donné des durées considérablement plus longues en disposition d'eau chaude que la référence de 28 minutes. En agencement A, cette durée a varié entre 39 et 62 minutes, alors qu'en agencement B, elle allait de 53 à plus de 75 minutes.

L'efficacité thermique globale au chapitre de la durée et de la masse pour chaque système a varié entre 46 % et 67 %. L'agencement A est plus efficace thermiquement que l'agencement B pour la douche seule en raison du plus faible débit d'eau froide, qui permet à l'eau sortant du récupérateur de chaleur d'atteindre une température plus proche de celle de l'eau descendant dans le tuyau de vidange et passant à travers le récupérateur de chaleur. Toutefois, lors des essais d'une journée complète, l'agencement B a permis d'économiser plus de gaz naturel, car le plus grand volume d'eau passant dans le récupérateur de chaleur compense le déficit en efficacité.

Phase 2 (2006)

Performance

Certaines différences de performance ont été relevées entre les six récupérateurs de chaleur des eaux domestiques. Elles sont attribuables

---

[2] Ces résultats sont désignés « efficacité *in situ* », car les conditions de mise à l'essai n'étaient pas aussi rigoureuses qu'en laboratoire.

[3] NUT = Nombre d'unités de transfert de chaleur. Le NUT est une mesure du transfert de chaleur d'un échangeur thermique : plus le NUT est élevé, plus le transfert de chaleur s'approche de sa limite thermodynamique. La méthode de mesure de l'efficacité par le NUT donne un rapport du transfert de chaleur expérimental par rapport au transfert maximum théorique de l'échangeur thermique. Cette méthode est particulièrement utile lorsque les températures de sortie sont inconnues.

à la longueur du dispositif, à la forme de la conduite de cuivre souple et à la manière dont celle-ci s'enroule autour du tuyau de vidange. Il existe un équilibre optimal entre le rendement et la taille : plus le tuyau est long, l'augmentation du gain d'efficacité a tendance à être marginal. Les tuyaux les plus courts ont généralement la meilleure performance par unité de longueur.

Réduction de la pression du système d'approvisionnement en eau

Différents schémas d'enroulement de la conduite de cuivre souple autour du tuyau de vidange ont une incidence sur la chute de pression d'eau dans la canalisation d'eau. Les récupérateurs de chaleur les plus longs causent les plus importantes chutes de pression, alors que les récupérateurs dans lesquels l'eau circule par des tuyaux en parallèle ou en section affichent beaucoup moins de chutes de pression. Il est possible que dans les maisons ayant des systèmes à faible pression, comme celles alimentées par une pompe de puits artésien, un récupérateur de chaleur des eaux domestiques réduise la pression de la douche lorsque d'autres appareils tirent simultanément de l'eau du système. Dans ce cas, les appareils dont la conception réduit au minimum les pertes de pression d'eau conviennent le mieux.

Calculateur d'économie d'énergie

Un calculateur d'économie d'énergie a été créé à partir des essais de performance et de modélisations. Ce calculateur en ligne (http://www.ceatech.ca/calculator) comprend une correction des variations saisonnières de température de l'approvisionnement en eau froide. Les utilisateurs entrent les données ci-dessous pour déterminer quel récupérateur de chaleur des eaux domestiques, le cas échéant, sera le plus économe en énergie pour leur ménage.

- Température de la douche (3 choix)
- Durée de la douche
- Nombre de douches par jour
- Type de pomme de douche (4 choix)
- Type de chauffe-eau (liste déroulante)
- Type de récupérateur de chaleur des eaux domestiques (liste déroulante qui sera allongée au fur et à mesure que d'autres systèmes seront évalués)
- Ville la plus proche (pour la température de l'eau froide)
- Type d'agencement (A ou B)

Le tableau 3 indique les résultats du calculateur pour les six récupérateurs de chaleur évalués. Voici les paramètres de référence : quatre douches de 7 minutes par jour avec une pomme de douche à débit standard (9,5 L/min [0,03 gal/min]) à température élevée (41 °C [105 °F]). La ville d'Ottawa a été choisie comme emplacement, et les prix de l'énergie sont indiqués (économies annuelles arrondies au dollar près).

Procédure d'essai

Une procédure d'essai simplifiée pourrait être élaborée en maintenant constants les agencements et la température de l'eau de la douche, puis en modifiant les débits. Au départ, on faisait couler l'eau de la douche pendant 30 minutes. Mais on a ensuite constaté que 15 minutes suffisaient pour que l'essai passe de la phase transitoire à la phase d'équilibre. On envisage la création d'une installation d'essai nationale.

Tableau 3 Économies annuelles calculées pour les six récupérateurs de chaleur des eaux domestiques évalués

Modèle de récupérateur de chaleur	Agencement A						Agencement B					
	Gaz à 48,5¢/m³		Élect. à 12¢/kWh		Mazout à 78¢/L		Gaz à 48,5¢/m³		Élect. À 12¢/kWh		Mazout à 78¢/L	
	m³	$	kWh	$	L	$	m³	$	kWh	$	L	$
PowerPipe R60	142	69	1 145	137	137	107	171	83	1 385	168	106	130
PowerPipe R36	100	49	810	97	97	76	117	57	942	113	113	88
GFX G3-60	133	64	1 073	129	129	100	160	77	1 290	155	155	121
GFX G3-40	126	61	1 017	122	122	95	151	73	1 218	146	146	114
ReTherm S3-60	118	57	956	115	115	89	142	69	1 153	138	138	108
ReTherm C3-40	113	55	911	109	109	85	132	64	1 071	128	128	100

Limites de l'étude

Phase 1 de l'étude (2005)

En raison des variations de température de l'eau froide d'alimentation durant les essais, les économies quotidiennes de gaz n'ont pu être comparées directement ou employées pour extrapoler les économies annuelles. Les résultats des essais d'efficacité n'ont qu'une valeur relative ou comparative, puisque la durée de chaque douche dépend de plusieurs facteurs indépendants de la marque ou du modèle de récupérateur de chaleur des eaux domestiques (comme la température de l'eau chaude, le débit de la douche, les spécifications du réservoir à eau chaude et la température de l'eau souterraine).

La chute de pression a été mesurée pour chaque système durant les longues douches. Cependant, en raison des différences relativement faibles entre les appareils et le degré de précision des jauges de pression (±2 psi [±13 789 Pa]), des jauges plus perfectionnées seraient requises pour mesurer et comparer les chutes de pression.

Phase 2 de l'étude (2006)

Après qu'il a été déterminé que chaque récupérateur de chaleur des eaux domestiques pouvait être caractérisé par un NUT par rapport à la courbe de débit, on a pu écarter les variables non contrôlées comme non significatives, car le débit et la température de l'eau à l'entrée et à la sortie se sont révélés les seules variables significatives.

Variables non contrôlées :

- le débit de la douche était sujet à des fluctuations de pression dans le réseau d'aqueduc municipal résultant de l'utilisation d'importantes quantités d'eau par d'autres bâtiments du campus du CNRC, où se trouvent les maisons du CCTR;
- comme les compteurs d'eau utilisés ne génèrent qu'une impulsion par litre, une erreur de ±0,5 L/min (±0,11 gal/min) était prévue;

La température de la douche était réglée au moyen d'une vanne de mélange thermostatique à réglage manuel, ce qui a causé de légères variations.

Conclusions et conséquences pour l'industrie du logement

Bien que très semblables, les récupérateurs de chaleur évalués présentent des différences de performance considérables découlant de la forme de la conduite du récupérateur de chaleur et à son mode d'enroulement autour du tuyau de vidange.

L'efficacité et l'efficience des récupérateurs de chaleur des eaux domestiques varient en fonction du mode de vie des occupants. Les ménages qui utilisent fréquemment la douche profiteront davantage d'un tel système que les ménages où le bain est privilégié. Les ménages en région rurale sans accès à un aqueduc municipal doivent envisager des appareils dont la conception réduit au minimum les pertes de pression dans le système d'approvisionnement en eau.

L'équipe responsable du projet a créé un calculateur en ligne d'économie d'énergie (http://www.ceatech.ca/calculator, en anglais et en français) et un essai normalisé simplifié de performance qui sera à la base d'une norme CSA. Les calculs d'économie d'énergie sont limités aux douches à débits simultanés. Pour faire en sorte que les calculs du calculateur et des essais de performance soient comparables, une correction de la température de l'eau froide a été apportée pour tenir compte des variations saisonnières.

Le rapport complet sur ce projet est disponible auprès de Ressources naturelles Canada et du CCTR.

Le Centre canadien des technologies résidentielles (CCTR)

Le Centre canadien des technologies résidentielles (CCTR) est exploité en partenariat par le Conseil national de recherches du Canada (CNRC), Ressources naturelles Canada (RNC) et la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL). Les installations de recherche et de démonstration du CCTR comprennent deux maisons identiques de deux étages, avec sous-sol complet, équipées d'une batterie d'instruments et de capteurs. Ces maisons, de 210 m^2 (2 260 pi^2), sont construites selon la norme R-2000 et on y évalue en parallèle la performance des nouvelles technologies à l'échelle de la maison entière en simulant l'occupation. Le CCTR dispose également d'un Infocentre où Bâti-Flex^{MC} est en démonstration. Pour de plus amples renseignements sur le CCTR, visitez le http://www.ccht-cctr.gc.ca

Représentant de la SCHL au Comité technique de recherche du CCTR : Ken Ruest

Chercheurs principaux : Charles Zaloum, John Gusdorf et Anil Parekh, avec Maxime Lafrance en 2006

Directeur de projet : Charles Zaloum, Ressources naturelles Canada

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la ***Loi nationale sur l'habitation,*** le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets ***Le Point en recherche*** et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web au

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7
Téléphone : 1-800-668-2642
Télécopieur : 1-800-245-9274

©2007, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 04-12-07

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

65681